

**Title** 太陽Ly $\alpha$ 線偏光分光観測ロケット実験CLASPに用いる高効率多層膜コーティング

**Title(English)** High-reflectivity multi-layer coatings for the CLASP sounding rocket project

**Abstract** 我々は、太陽からのライマン $\alpha$ 線 (Ly $\alpha$ 線) を偏光分光観測する国際ロケット実験 Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter (CLASP) を計画している (2015 年実施予定)。この実験の目的は、Ly $\alpha$ 線の直線偏光を  $\sim 0.1\%$  という高い精度で検出し、ハンレ効果を用いて、彩層・遷移層の磁場を直接計測することである。CLASP に求められる  $\sim 0.1\%$  という偏光測光精度達成のためには、高いスループットを持った観測装置を実現する必要がある。一方で、Ly $\alpha$ 線 (真空紫外線) は物質により吸収されやすい特性がある。そこで我々は反射系の光学系を組み (波長板のみ透過型)、各々の鏡には、その役割に応じた高効率の多層膜コーティングを施した。CLASP の主鏡口径は約30 cmで、観測時間の約5分間では約30,000 J の熱量が望遠鏡に主に可視光で入ってくる。また、太陽可視光の全フラックスはLy $\alpha$  線波長域の約20 万倍と圧倒的に大きい。そのため、望遠鏡の熱対策と0.1 %の測光測定精度達成の点で、可視光の排除は必須である。そこで我々は、Ly $\alpha$  線で高反射率( $> 50\%$ ) を持ち、可視光は低反射率( $< 5\%$ ) に抑える多層膜コーティング(cold mirror coating) を主鏡に施した。

一方、彩層磁場測定に必要な偏光解析装置の効率 (光量) を従来 (真空紫外線用の素材として古くから知られているフッ化マグネシウム(MgF<sub>2</sub>) 製偏光解析装置;  $R_s = 22\%$ ) の約2.5倍に増やす高効率反射型偏光解析素子を実現させた。この素子は、Bridou et al. (2011) が提案した「熔融石英の基板にMgF<sub>2</sub> とSiO<sub>2</sub> の薄膜をコーティングしたもの」である。測定の結果、 $R_s = 54.5\%$ 、 $R_p = 0.3\%$ を達成し、高効率はもちろん、ほぼs 偏光のみを取り出す能力を持つ。

他の反射型光学素子 (副鏡・回折格子・集光ミラー) には、Al+MgF<sub>2</sub>の高反射コーティング (約80%の反射率) を施し、これらにより光学系全体で5%弱 (CCDのQEは含まず) という真空紫外線用の装置としては高いスループットを達成した。

・1000字以内でお書きください。

Authors:	Noriyuki Narukage	<a href="mailto:narukage@solar.isas.jaxa.jp">narukage@solar.isas.jaxa.jp</a>
	Ryohei Kano	<a href="mailto:ryouhei.kano@nao.ac.jp">ryouhei.kano@nao.ac.jp</a>
	Takamasa Bando	<a href="mailto:takamasa.bando@nao.ac.jp">takamasa.bando@nao.ac.jp</a>
	Ryoko Ishikawa	<a href="mailto:ryoko.ishikawa@nao.ac.jp">ryoko.ishikawa@nao.ac.jp</a>
	Masahito Kubo	<a href="mailto:masahito.kubo@nao.ac.jp">masahito.kubo@nao.ac.jp</a>
	Yukio Katsukawa	<a href="mailto:yukio.katsukawa@nao.ac.jp">yukio.katsukawa@nao.ac.jp</a>
	Shin-nosuke Ishikawa	<a href="mailto:s.ishikawa@nao.ac.jp">s.ishikawa@nao.ac.jp</a>
	Toshihiko Kobiki	<a href="mailto:kobiki@solar.mtk.nao.ac.jp">kobiki@solar.mtk.nao.ac.jp</a>
	Gabriel Giono	<a href="mailto:gabriel.giono@nao.ac.jp">gabriel.giono@nao.ac.jp</a>
	Frederic Auchere	<a href="mailto:frederic.auchere@ias.u-psud.fr">frederic.auchere@ias.u-psud.fr</a>
	Amy Winebarger	<a href="mailto:amy.r.winebarger@nasa.gov">amy.r.winebarger@nasa.gov</a>
	Ken Kobayashi	<a href="mailto:ken.kobayashi-1@nasa.gov">ken.kobayashi-1@nasa.gov</a>
	Saku Tsuneta	<a href="mailto:saku.tsuneta@nao.ac.jp">saku.tsuneta@nao.ac.jp</a>

## Translation

Title: High-reflectivity multi-layer coatings for the CLASP sounding rocket project

Abstract: We are planning an international rocket experiment Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter (CLASP) is (2015 planned) that Lyman  $\alpha$  line ( $\text{Ly}\alpha$  line) polarization spectroscopic observations from the sun. The purpose of this experiment, detected with high accuracy of the linear polarization of the  $\text{Ly}\alpha$  lines to 0.1% by using a Hanle effect is to measure the magnetic field of the chromosphere-transition layer directly. For polarization photometric accuracy achieved that  $\sim 0.1\%$  required for CLASP, it is necessary to realize the monitoring device with a high throughput. On the other hand,  $\text{Ly}\alpha$  line (vacuum ultraviolet rays) have a sensitive characteristics that is absorbed by the material. We therefore set the optical system of the reflection system (transmission only the wavelength plate), each of the mirrors, subjected to high efficiency of the multilayer coating in accordance with the role. Primary mirror diameter of CLASP is about 30 cm, the amount of heat about 30,000 J is about 5 minutes of observation time is coming mainly in the visible light to the telescope. In addition, total flux of the sun visible light overwhelmingly large and about 200 000 times the  $\text{Ly}\alpha$  line wavelength region. Therefore, in terms of thermal management and 0.1% of the photometric measurement accuracy achieved telescope, elimination of the visible light is essential. We therefore, has a high reflectivity ( $> 50\%$ ) in  $\text{Ly}\alpha$  line, visible light is a multilayer coating be kept to a low reflectance ( $<5\%$ ) (cold mirror coating) was applied to the primary mirror.

On the other hand, the efficiency of the polarization analyzer required chromospheric magnetic field measurement (the amount of light) Conventional (magnesium fluoride has long been known as a material for vacuum ultraviolet ( $\text{MgF}_2$ ) manufactured ellipsometer;  $R_s = 22\%$ ) about increased to 2.5 times were high efficiency reflective polarizing element analysis. This device, Bridou et al. (2011) is proposed "that is coated with a thin film of the substrate  $\text{MgF}_2$  and  $\text{SiO}_2$  fused silica." As a result of the measurement,  $R_s = 54.5\%$ , to achieve a  $R_p = 0.3\%$ , high efficiency, of course, capable of taking out only about s-polarized light. Other reflective optical elements (the secondary mirror, the diffraction grating-collector mirror), subjected to high-reflection coating of  $\text{Al} + \text{MgF}_2$  (reflectance of about 80%), less than 5% in the entire optical system by these (CCD Science was achieved a high throughput as a device for a vacuum ultraviolet ray of the entire system less than 5% (CCD of QE is not included).

Authors: Noriyuki Narukage [narukage@solar.isas.jaxa.jp](mailto:narukage@solar.isas.jaxa.jp)  
Ryohei Kano [ryouhei.kano@nao.ac.jp](mailto:ryouhei.kano@nao.ac.jp)  
Takamasa Bando [takamasa.bando@nao.ac.jp](mailto:takamasa.bando@nao.ac.jp)  
Ryoko Ishikawa [ryoko.ishikawa@nao.ac.jp](mailto:ryoko.ishikawa@nao.ac.jp)  
Masahito Kubo [masahito.kubo@nao.ac.jp](mailto:masahito.kubo@nao.ac.jp)  
Yukio Katsukawa [yukio.katsukawa@nao.ac.jp](mailto:yukio.katsukawa@nao.ac.jp)  
Shin-nosuke Ishikawa [s.ishikawa@nao.ac.jp](mailto:s.ishikawa@nao.ac.jp)  
Toshihiko Kobiki [kobiki@solar.mtk.nao.ac.jp](mailto:kobiki@solar.mtk.nao.ac.jp)  
Gabriel Giono [gabriel.giono@nao.ac.jp](mailto:gabriel.giono@nao.ac.jp)  
Frederic Auchere [frederic.auchere@ias.u-psud.fr](mailto:frederic.auchere@ias.u-psud.fr)  
Amy Winebarger [amy.r.winebarger@nasa.gov](mailto:amy.r.winebarger@nasa.gov)  
Ken Kobayashi [ken.kobayashi-1@nasa.gov](mailto:ken.kobayashi-1@nasa.gov)  
Saku Tsuneta [saku.tsuneta@nao.ac.jp](mailto:saku.tsuneta@nao.ac.jp)